L'Océanographie, travail d'équipe.
Leçon inaugurale du cours d'Océanographie physique prononcée le 7 novembre 1955.

Par Henri Lacombe.
professeur au muséum national d'histoire naturelle.

Monsieur le Directeur,
Mes Chers Collègues,
Mesdames, Messieurs.

Il est d'usage que, dans la leçon inaugurale de son cours, le nouveau titulaire d'une chaire retrace la vie et l'œuvre de son prédécesseur... Je manquerai à cette tradition, et, en définitive, sans regret, car mes paroles n'auront à déplorer aucun départ et j'aurai pour excuse la force majeure, comme l'ont eue avant moi, la vingtaine de titulaires de chaires nouvelles. Leur exemple constitue aussi une tradition, moins fournie certes, moins vénérable, mais nécessaire pour que l'autre s'installe : elle a pour elle, en somme, le droit d'aînesse ; traditions toutes deux, quoi qu'il en soit, et par cela tournées vers le passé... et c'est d'un passé proche que je voudrais d'abord vous dire quelques mots.

Il n'est pas inopportun, au seuil de ce cours, de rappeler divers faits récents qui m'ont conduit à cette place. Les opérations navales et amphibies de la dernière guerre d'abord, qui ont fait sentir l'immense importance militaire de l'océanographie physique, une actualité tournée vers la mer ensuite, ont vulgarisé depuis quelques années divers problèmes touchant les sciences de la mer et l'exploration sous-marine. Il est apparu à diverses personnalités de l'Enseignement et de la Marine, notamment, que l'heure était venue de mettre sur pied un enseignement spécifique officiel d'une discipline bien perdue de vue en France. Aussi, M. le Ministre de l'Éducation Nationale, à la suite d'une proposition de la Direction et de divers Professeurs du Muséum d'Histoire Naturelle à la Direction de l'Enseignement Supérieur, décida-t-il, il y a un an, de créer dans cet établissement une chaire d'océanographie physique. Ainsi disparaissait dans l'enseignement officiel français une lacune qui n'était comblée que dans une certaine mesure par les enseignements donnés dans l'illustre Institut Océanographique, poursuivant inlassablement l'œuvre de diffusion des sciences de la mer voulue par son

grand fondateur, le Prince Albert I[er] de Monaco, grâce aux Professeurs THOULET, BERGET, ROUCH, LEGENDRE et à notre Collègue LE GRAND et comblée aussi partiellement par les enseignements donnés dans divers autres départements ministériels, tels que la Marine, organisant les cours nécessaires à leurs besoins propres.

M. le Ministre de l'Éducation Nationale, sur proposition de l'Assemblée des Professeurs du Muséum, voulut bien, il y a quelques mois, me faire l'honneur de m'appeler à la nouvelle chaire. C'est un agréable devoir pour moi de lui exprimer ma reconnaissance de même qu'à l'Assemblée des Professeurs de cette Maison et plus spécialement peut-être à M. le Professeur Louis FAGE, Président de l'Académie des Sciences qui m'a conseillé et aidé avec la plus grande bienveillance et à M. le Professeur Roger HEIM, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum, qui a bien voulu m'accorder un constant soutien.

Ces appuis me sont d'autant plus précieux que la transition est grande qui m'amène aux fonctions de Professeur dans un Établissement dont le but principal est l'enseignement public de l'histoire naturelle, à partir de celles d'Ingénieur Hydrographe de la Marine, remplies pendant vingt ans, et essentiellement orientées vers l'établissement des documents utiles à la navigation maritime. Plus de la moitié de cette période de vingt ans a pu être, pour moi, essentiellement consacrée à l'océanographie, grâce à la compréhension du Service Hydrographique de la Marine et plus spécialement de l'Ingénieur Hydrographe en chef GOUGENHEIM ; je leur présente, ici, l'expression de ma gratitude en formant le vœu que mon départ de la Marine, auquel M. le Ministre de la Défense Nationale a bien voulu souscrire, ne marque pas un arrêt dans une série de travaux effectués en équipe et une coupure dans une coopération indispensable par essence.

Il n'est pas besoin d'aller très loin dans l'étude de l'océanographie pour constater que cette science a surtout progressé grâce à des travaux étrangers, récemment surtout. Il est humiliant de constater la part minime prise par notre pays dans la recherche marine... Citerai-je à cet égard le Commandant ROUCH, Directeur du Musée Océanographique de Monaco qui, dans la préface du troisième volume de son Traité d'Océanographie Physique, paru en 1948, s'exprime ainsi : « On reste en France un débutant en océanographie, même après avoir franchi tout le cycle des études scolaires puisque les programmes officiels, jusqu'à l'accès aux plus hauts grades universitaires, ne font qu'une place infime à l'étude de la mer ? » Je n'en ressens que plus vivement l'honneur que m'ont fait M. le Ministre de l'Éducation Nationale et l'Assemblée des Professeurs du Muséum, en me confiant la première chaire officielle d'océanographie physique créée en France ; et je voudrais tenter de vous présenter divers

aspects de la tâche à accomplir tant dans le sens d'une diffusion des connaissances et des problèmes actuels de l'océanographie, apte à susciter l'enthousiasme et la vocation de jeunes chercheurs, que dans celui d'une participation active au progrès général grâce à la conduite de recherches à la mer, parallèles à des études théoriques, indispensables, elles aussi, pour aider les techniques maritimes modernes. Une telle tâche ne peut être que celle d'une équipe importante.

*
* *

L'océanographie a pour objet l'étude du milieu marin tout entier. Elle est divisée classiquement en océanographie physique et en océanographie biologique. La première branche comporte la description géométrique des bassins océaniques, l'étude des propriétés physiques et physico-chimiques du milieu, celle de ses mouvements, périodiques ou non, l'étude des échanges d'énergie entre océan et atmosphère assurant un couplage entre ces milieux, l'étude du sous-sol marin, enfin la répartition géographique des propriétés et des mouvements de la mer. L'océanographie biologique comporte l'étude de tous les êtres vivant dans la mer et des conditions mêmes de leur vie.

Ces deux branches sont nécessairement liées et leur ligne de partage est indécise : on ne saurait imaginer un biologiste se désintéressant de la physique du milieu où se manifeste la vie qu'il étudie ; on conçoit un peu moins difficilement, peut-être, un physicien se désintéressant de la biologie ; mais il apparaît vite que la répartition de la vie dans la mer modifie les propriétés du milieu, réagit sur les appareils d'étude physique et éclaire divers aspects des mouvements de la mer. Une intime liaison est donc nécessaire : elle ne saurait être mieux assurée qu'au sein du Muséum où les Laboratoires de plusieurs Chaires sont engagés dans des recherches de biologie marine.

L'océanographie physique est essentiellement la science d'un milieu — d'un milieu particulièrement vaste qui occupe plus de 70 % de la superficie du globe et particulièrement complexe puis qu'il est constitué par une solution dans l'eau de composés de la plupart des éléments chimiques — milieu particulièrement mobile dont la surface constamment fluctuante était pour Rousseau l'image même de « l'instabilité des choses de ce monde » — milieu particulièrement difficile à étudier puisque l'homme n'y peut guère pénétrer sans faire appel à des techniques spéciales tant il est radicalement différent du « milieu des poumons » où votre vie s'écoule.

La science d'un milieu fait nécessairement appel au faisceau de toutes les disciplines susceptibles d'apporter un outil d'étude adapté

ou une explication des phénomènes qu'on y rencontre. L'océanographie fut d'abord une science d'observation ; puis les besoins de l'interprétation des faits constatés, de leur répartition géographique en ont fait de plus en plus une science de caractère physique et mathématique, qui ne saurait naturellement se passer de recherches à la mer.

Il ne peut être question d'aborder avec fruit l'étude des mouvements de la mer sans recourir à l'hydrodynamique : et il se trouve que la nature semble avoir compliqué à plaisir les problèmes posés à la perspicacité des océanographes : le fond des océans a des formes complexes et l'on sait combien les mouvements des fluides sont sensibles à leur profondeur ; les causes des mouvements sont très variées par nature et souvent très complexes.

Certaines sont rigoureusement périodiques comme les forces génératrices des marées, d'origine astronomique et leur période est déterminée par les mouvements célestes. Très diverse est « la réponse des océans à leurs sollicitations », pour employer une heureuse formule usitée depuis peu. D'autres forces sont apériodiques, et de durée plus ou moins longue, comme celles dues aux vents ; les régimes transitoires correspondants sont difficiles à étudier. Toute modification locale de l'état de mouvement retentit, par continuité, à plus ou moins brève échéance, sur l'ensemble du milieu ; le mouvement lui-même réagit sur l'atmosphère et les vents, donc sur le climat : il y a donc intrication des causes et des effets... La rotation terrestre, la viscosité des eaux viennent modifier le mouvement aussitôt qu'il existe. Dans des conditions aussi complexes, il faut les ressources de l'analyse mathématique pour éclairer, dans des cas nécessairement idéalisés, le mécanisme des courants. On tente ensuite d'interpréter la réalité à partir de ces schémas simples... Les mouvements superficiels des eaux, les vagues et la houle, sont dans l'état de confusion où on les observe au large en présence de vent, un véritable puzzle pour l'océanographe qui essaie de trouver des points de repère dans cette agitation désordonnée, de la réduire à une superposition de composants simples accessibles à l'analyse. Tâche difficile car, là, au contraire des mouvements de la marée, la période n'est pas déterminée a priori...

La propagation dans les mers des diverses radiations, calorifiques, optiques, acoustiques fait appel à autant de branches de la physique, appliquées à un milieu complexe. Une grande partie des échanges d'énergie entre l'océan et l'atmosphère se fait sous forme de chaleur ; et ces échanges ont sur la mer un effet considérable en raison du très grand rapport de la surface des mers à leur volume, c'est-à-dire de leurs dimensions horizontales à leur profondeur. Les radiations lumineuses commandent de multiples aspects de la vie marine et elles ont même été appliquées par notre Collègue Le Grand à la

détermination des petites profondeurs de la mer. Quant aux ondes élastiques, sonores et ultra-sonores, elles se propagent bien dans la mer en général et elles sont mises en œuvre dans les sondeurs, outils essentiels de l'étude des profondeurs marines. Les progrès de la technique en font des appareils de plus en plus sensibles, assurant une définition constamment améliorée et une connaissance de plus en plus fine de la configuration du fond des océans... Toute mesure marine doit être accompagnée d'une position aussi précise que possible du point où la mesure a été effectuée. En vue de terre, l'océanographe pourra la déterminer par les procédés classiques de la géodésie et de l'hydrographie. Au large, il aura recours aux astres..... et le voilà faisant tâche de géodésien, d'hydrographe, d'astronome. S'il dispose maintenant d'appareils de radio-navigation, il devra connaître un minimum d'électronique. Le couplage de l'océan et de l'atmosphère l'obligera à connaître la météorologie, voire la thermodynamique ; l'étude du fond exigera une connaissance de la géologie... que de sciences nécessaires... ; et d'autant plus qu'il lui sera toujours difficile à la mer de consulter le spécialiste qui le dépannerait...

Si l'on pouvait construire des robots susceptibles d'aborder les diverses sciences avec tout l'arsenal des connaissances nécessaires, il est permis de penser que l'un des plus compliqués serait le robot océanographe. La « bosse des sciences » que comporterait ce qui lui servirait de cerveau devrait être particulièrement développée.

* * *

Aussi ample que l'éventail des sciences auxquelles il convient de faire appel, est, dans un tout autre ordre, l'extension de l'échelle des phénomènes étudiés, aussi bien dans l'espace que dans le temps. C'est ainsi qu'on rencontre les grands courants océaniques, tels que le Gulf Stream, branche occidentale renforcée du système de courant Nord-Atlantique, qui transporte par seconde plus de 50 millions de mètres cubes, sur des milliers de kilomètres. Dans l'échelle des trajets décroissants viennent ensuite les courants de marée qui sont liés indissolublement aux variations du niveau des mers sous l'effet des forces luni-solaires et périodiques comme elles ; ils transportent des molécules d'eau sur des distances de l'ordre du kilomètre, de la dizaine de kilomètres au plus, qui sont surtout appréciables dans les parties peu profondes des mers. L'agitation due à la houle et aux vagues, qui se fait sentir seulement dans une couche d'eau relativement peu épaisse, est grossièrement périodique et de l'ordre de la dizaine de mètres ; mais dans diverses circonstances, cette agitation peut être à l'origine de courants apériodiques qui, en particulier près des rivages, se superposent au mouvement

strictement alternatif d'une houle simple et transportent souvent au loin des matériaux ténus comme le sable ou la vase : ainsi le rivage, dans les secteurs où il est constitué de matériaux meubles, est essentiellement vulnérable ; son dessin résulte d'un équilibre dynamique plus ou moins stable qui peut être perturbé soit par des variations des conditions météorologiques moyennes sur une assez longue période, soit du fait d'une intervention de l'homme qui altère par ses travaux la forme du rivage, obligeant la nature à retrouver un nouvel équilibre. La transition ne se fera pas toujours dans le sens désiré par l'homme, non seulement au voisinage de son ouvrage, mais peut-être aussi au loin. La technique des travaux maritimes, dans la construction des ports et la protection du rivage contre l'érosion marine dépend dans une grande mesure du comportement de la houle, des vagues et de tous les courants littoraux.

Sous-jacents aux courants généraux, aux courants de marée, aux déplacements d'eau dus à la houle et aux vagues, on rencontre dans la mer une agitation à plus ou moins grande échelle qui est liée au caractère turbulent de tous les mouvements marins. En un point géométrique donné, les caractéristiques du mouvement fluide oscillent autour d'une valeur moyenne, définie sur un intervalle de temps convenable, et l'écart à cette moyenne est une variable aléatoire. L'importance, en mer, de ces mouvements turbulents est très grande, car c'est grâce à eux que les couches d'eau voisines s'entraînent l'une l'autre, comme par simple viscosité, mais avec une intensité bien plus grande. Grâce aux tourbillons horizontaux et verticaux liés à la turbulence, les couches d'eau en contact échangent non seulement leur mouvement, plus précisément leur quantité de mouvement, mais encore toutes leurs autres propriétés : salinité, température, teneur en divers corps et l'étude de la répartition d'une de ces propriétés est susceptible de renseigner sur le mouvement de l'eau. Il y a fort peu de temps qu'on a mis en évidence l'existence de vastes tourbillons horizontaux atteignant jusqu'à 200 kilomètres, aux limites constamment fluctuantes, notamment sur les bords des courants océaniques comme le Gulf Stream, grâce à la mise en œuvre d'appareils permettant d'étudier, en un temps relativement court par rapport à la persistance des tourbillons, soit le mouvement superficiel des eaux, soit la répartition de telle ou telle propriété physique et spécialement de la température. Ces tourbillons sont probablement les agents les plus efficaces de la perte d'énergie par frottement que subissent les courants et qui les empêche de croître sous l'effet de la force d'entraînement des vents réguliers, plus ou moins constamment appliquée. Plusieurs essais théoriques très récents d'explication de la circulation générale dans les océans à partir de la répartition statistique des vents achoppent sur la valeur du coefficient de mélange des eaux à faire intervenir dans les

calculs. La clé des problèmes posés par une circulation à l'échelle de l'océan réside donc, sans doute, dans le mécanisme de mouvements intervenant à échelle beaucoup moindre.

Dans la vaste gamme des mouvements des eaux qui se superposent sans trêve dans les océans, la rotation terrestre a des effets différenciés selon la périodicité de ces courants, c'est-à-dire aussi suivant leur extension. Ces effets, sont d'autant plus grands que la période du mouvement est plus longue et la « force de Coriolis » qui résulte, pour tout mobile terrestre, de la rotation du globe, a une importance primordiale pour les grands courants océaniques ; elle a un effet très appréciable sur les courants de marée et sur la marée, mais, par contre, une influence négligeable sur les mouvements liés à la houle. La nature est donc allée jusqu'à faire elle-même une discrimination subtile dans l'échelle des mouvements fluides des mers !

L'échelle des vitesses des mouvements marins est très large aussi. Des valeurs de plusieurs mètres par seconde sont rencontrées pour toutes les catégories de courants. Mais il existe aussi des mouvements de l'ordre d'un centimètre par seconde, probablement, dans les parties profondes des océans. Bien que la molécule entraînée par un tel flux mette plus de 30 ans à parcourir le quart du méridien, ces courants sont extrêmement importants car ils se rencontrent sous des épaisseurs de l'ordre du millier de mètres dans la plupart des océans et constituent un cycle, plus ou moins dissymétrique dans les deux hémisphères, grâce auquel des eaux superficielles des basses et moyennes latitudes sont attirées vers les zones polaires par suite de plongées dans ces régions, d'eaux superficielles qui cheminent ensuite vers l'équateur dans les grandes profondeurs. C'est là un cycle thermodynamique où la source chaude est sous l'équateur et la source froide dans les régions polaires.

Le robot océanographe devra donc être apte à saisir dans le temps comme dans l'espace des phénomènes d'échelle essentiellement variable. Son arsenal devra comprendre lunette astronomique et microscope...

*
* *

Mais il est essentiel qu'il se tienne au courant de tous les progrès de la technique ; il doit chaque jour reconsidérer ce qu'il sait en fonction des constantes améliorations des outils de mesure, appliquer son ingéniosité à leur adaptation à la mer. Il est à peine besoin de rappeler ce qu'a fait gagner aux sciences de la mer l'usage des ondes sonores et ultra sonores..., en 25 ans, elles ont fait progresser à pas de géants notre connaissance de la forme du sol marin. En modifiant à peine les conditions de leur emploi, les voici qui servent

maintenant à étudier aussi la constitution du sous-sol marin, à ausculter les mystérieuses couches de l'océan qui diffusent les ondes sonores... L'idée magistrale de l'Américain Von Arx de prendre comme grandeur fixe de référence, pour l'étude des courants marins, la composante verticale du champ magnétique terrestre révolutionne grâce aux progrès de l'électronique la technique de la mesure continue des courants superficiels, désormais, possible, avec certaines approximations, à bord d'un bâtiment en marche...

Des outils comme la photographie sous marine, le bathyscaphe qui permettent notamment d'étudier la mer et le fond avec le rayonnement lumineux, c'est-à-dire avec une forme d'énergie d'autre nature que les sondeurs classiques, ne vont-ils pas nous donner de tout autres idées sur la constitution du fond des mers que celles qui résultent de la perception en quelque sorte sonore que nous en avons maintenant ?

L'étude de la houle et sa prévision ne sont-elles pas aidées par l'analyse des microséismes ?

L'énergie électrique a été peu employée dans la mer. Ne fournira-t-elle pas bientôt un moyen de recherche ?

Depuis dix ans ont été mis en œuvre des appareils de mesure quasi instantanée du mouvement ou des caractéristiques des eaux : bathythermographe, radionavigateur, courantomètre Von Arx... et tout à coup a vieilli la méthode indirecte de détermination des courants supposés permanents, d'après la répartition des densités, méthode appliquée systématiquement depuis sa mise au point au début du siècle... L'appliquera-t-on encore dans dix ans ? L'océanographie est peut-être, parmi les sciences, celle qui, de par son stade de développement actuel, est le plus profondément sujette à des changements radieaux d'orientation sous l'effet des progrès de la technique ou de l'application à la mer d'outils réservés antérieurement à l'étude d'autres milieux.

*
* *

Si l'océan est l'image de « l'instabilité des choses de ce monde », il est aussi celle d'une immense complexité qui ne fait que croître à mesure que progressent nos moyens d'étude... Si certains se noient dans un verre d'eau, notre robot océanographe devra être d'autre mesure pour ne pas se noyer dans l'océan...

Dans sa prudence, restera-t-il pour autant derrière son bureau, imitant ce géographe dont Saint-Euxpéry fait un irrévérencieux portrait dans le « Petit Prince ? » « Ce n'est pas le géographe qui va faire le compte des villes, des fleuves, des montanges, des mers, des océans et des déserts. Le géographe est trop important pour flâner. Il ne quitte pas son bureau. Mais il y reçoit les explorateurs. Il les

interroge et il prend en note leurs souvenirs. Et si les souvenirs de l'un d'entre eux lui paraissent intéressants, le géographe fait faire une enquête sur la moralité de l'explorateur... Parce qu'un explorateur qui mentirait entraînerait des catastrophes dans les livres de géographie »...

L'océanographe sera donc aussi un explorateur et prêt à partir dans le quart d'heure au bout du monde et la valeur des résultats qu'il rapportera devra être indiscutable... Le travail à la mer sera toujours nécessaire. Son exécution exige de tout autres qualités d'esprit pratique et d'esprit d'équipe, de sens marin que le travail du géographe de la sixième planète. On ne les acquiert que par un grand entraînement aux opérations à la mer. Celui qui ne les a pas pratiquées n'imagine pas la multitude de détails et des précautions dont dépend le succès d'une campagne de recherches, la minutie qu'exige la mise au point de tout l'équipement en vue du service à la mer. On n'improvise pas. L'armement d'un bâtiment, sa mise en œuvre nécessitent des moyens importants ; l'océanographie est certainement parmi les plus coûteuses des sciences et il n'est pas permis de compromettre la réussite d'une expédition par suite d'une préparation insuffisante : ce sont sans doute tous les impératifs imposés par la mer qui font de l'océanographie une spécialité. Pour rendre pleinement, pour éclairer le mécanisme des phénomènes, pénétrer leur nature intime, les croisières faites doivent avoir, dans l'état actuel de l'océanographie un caractère systématique, souvent peu spectaculaire, dans des zones restreintes qui sont l'objet d'une étude intensive et renouvelée. Dans plusieurs branches de l'océanographie physique le spectaculaire est l'opposé du rentable. Nous avons l'intention de concentrer nos efforts sur la Méditerranée, cette *Mare nostrum* qui est à nos portes, si mal connue de nous et que nous nous devons d'étudier en raison de notre position sur ses rivages. ... Bien des mesures à la mer sont ingrates en raison de leur uniformité, des conditions souvent difficiles de leur exécution et, en un certain sens, les observations faites par mauvais temps sont plus instructives que les autres. Mais peut être l'*exploitation* des éléments ramenés de la mer est-elle plus ingrate encore... une croisière de deux mois nécessite des dépouillements, des analyses et des études bien plus longues et une exploitation rapide est indispensable, comme la publication des résultats qui manque d'intérêt si elle est trop tardive. Travail à la mer, travail au Laboratoire doivent marcher de pair.

Et il convient de saluer la reprise, depuis quelques années dans notre pays , de recherches à la mer systématiques et de rendre hommage à ses artisans. C'est ainsi que divers bâtiments de la Marine, et notamment les bâtiments hydrographes, exécutent maintenant des croisières régulières, comme d'autres bâtiments du ressort du Ministère de la France d'Outre-Mer, de la Marine Marchande et de

l'Éducation Nationale, ou d'autres navires dépendant d'organismes privés comme le Centre de Recherches et d'Études Océanographiques. Il convient de signaler particulièrement les campagnes de la *Calypso*, à la suite de la signature de conventions entre le Centre National de la Recherche Scientifique, la Direction de l'Enseignement Supérieur et les « Campagnes Océanographiques Françaises » du Commandant COUSTEAU. Les exploits du bathyscaphe sont dans toutes les mémoires et son emploi systématique est désormais organisé.

Mais insisterai-je assez sur la nécessité de l'*exploitation* de toutes les observations faites ? Car il convient d'être assurés que nous tirons le meilleur parti de toutes les mesures dont nous disposons. Devant le prix des expéditions océanographiques, devant l'impossibilité matérielle de mettre sur pied un réseau d'observations océanographiques comparable au réseau météorologique, notamment en vue de l'étude des fluctuations à courte période, on en est venu à se demander s'il n'était pas nécessaire de faire un effort dans le sens de la recherche purement théorique, pour comprendre les mécanismes des phénomènes et dans le sens de l'expérimentation. Les Américains n'ont-ils pas construit récemment un modèle réduit de l'Atlantique Nord sur un chassis tournant afin de pouvoir faire entrer en ligne de compte la force de Coriolis, due à la rotation terrestre ? Le National Oceanographic Council britannique n'insistait-il pas il y a moins d'un an sur le changement de l'orientation de l'océanographie qui tend à passer de « l'exploration et de la mesure (Exploration and Survey) à une recherche orientée vers une compréhension des processus de base, physiques comme biologiques ? » Depuis quelques années, des études mathématiques effectuées à partir d'enregistrements de houle antérieurs, dont la multiplication n'aurait pu que faire constater plus encore le caractère impropre de l'idéalisation grossière que nous donnions du phénomène, ont abouti à de nouveaux schémas théoriques, compliqués assurément, mais qui sont les premiers, sans doute, à représenter correctement l'agitation apparemment désordonnée de la mer, d'expliquer la propagation de cette agitation et fournissent une nouvelle méthode de prévision de la houle, sans peut-être encore, d'ailleurs, éclairer complètement la nature profonde des mouvements composants. A un certain stade, de nouvelles observations n'apportent plus rien sinon l'image d'une complexité déroutante. Un cerveau doit alors intervenir pour penser le problème.

Il est à peine besoin de noter qu'une telle orientation exige l'établissement et la tenue à jour d'une documentation considérable qui constituera la base indispensable à des tentatives d'interprétations nouvelles et, également, un fonds susceptible de couvrir les besoins de tant d'organismes publics et privés pour qui est néces-

saire la connaissance de la répartition des propriétés et des mouvements marins dans des secteurs plus ou moins étendus. L'effort de tenue à jour de la documentation portera en particulier sur une multitude d'articles paraissant dans toute une série de revues plus ou moins spécialisées, souvent étrangères, et dont le moindre est susceptible de changer radicalement nos idées sur tel phénomène et sur nos techniques de mesure. Le travail de tenue à jour exigera de notre robot des facultés d'adaptation et d'assimilation peu communes, jointes à des dons de polyglotte, qu'il devra encore exercer dans les nombreuses réunions d'organismes internationaux qui assurent à l'océanographe d'indispensables contacts directs avec des collègues étrangers mais où la langue usitée n'est malheureusement plus le français.

*
* *

Mesdames, Messieurs, je pense vous avoir suffisamment exposé ce que doit être l'océanographe : la variété des disciplines utiles, des phénomènes à étudier, l'ampleur de leur échelle, la nécessité d'en saisir toute la gamme, la constante tenue à jour d'une documentation considérable, l'attention à l'actualité technique essentielle dans une science jeune en vue de nouvelles applications à l'océan, l'aptitude à travailler à la mer avec tout ce que cette tâche implique d'effort physique de responsabilité, d'imprévu, avec son caractère ingrat, souvent rude...

Toutes ces tâches, nul ne peut se prévaloir de pouvoir à lui seul les « étaler », comme on dit dans la Marine. L'océanographie ne peut se faire qu'en équipe où chacun, en plus d'un bagage commun de connaissances, a sa spécialisation théorique ou technique. L'équipe de trois personnes constituée depuis peu au Laboratoire est un bien trop petit noyau pour prétendre embrasser toute l'activité océanographique. De cette équipe, un tiers, constitué par mon ami Paul Tchernia est, à cette heure, dans l'Océan Indien, en croisière océanographique. Le deuxième tiers de l'équipe, l'assistant Jean Claude Lizeray sert sous le pompon rouge. Le troisième tiers, minimum indispensable, est devant vous. Cette équipe doit s'augmenter, dans le cadre de l'organisation actuelle de la recherche scientifique, pour être apte à faire face à la multitude des problèmes qui se posent à elle, avec une unité de doctrine et de direction suffisante, une certaine concentration de moyens en personnel pour le travail à la mer et au laboratoire, enfin pour assurer un équilibre convenable dans l'application des efforts aux diverses branches des sciences de la mer selon la hiérarchie des besoins du moment. Elle travaillera naturellement en liaison avec la Marine et spéciale-

ment avec le Service Hydrographique auquel elle est rattachée par de multiples liens, avec les autres branches de l'Enseignement dont les travaux sont orientés vers la mer, avec divers services publics dont les activités se tournent vers le même domaine, enfin avec certains organismes privés engagés dans la recherche océanographique. L'équipe actuelle commence à peine son travail d'installation et de documentation ; dès maintenant, elle doit s'engager à fond dans l'exploitation des résultats qu'elle a tout récemment acquis au cours de la campagne océanographique de la *Calypso* en Méditerranée orientale et en mer Égée. Elle doit songer aussi de façon très urgente à coopérer efficacement à l'organisation des recherches océanographiques inscrites au programme de cette manifestation scientifique de grande envergure qu'est l'Année Géophysique Internationale qui commencera dans un an et demi et qui, je l'espère, sera l'occasion d'exécuter, dans notre pays, un ensemble de travaux océanographiques d'importance grâce à un rassemblement de tous les moyens disponibles.

L'Océanographie a besoin de jeunes enthousiasmes attirés par la vie active, les voyages, l'aventure et elle offre à leur dynamisme maint sujet d'intérêt. Pourtant, et bien que le propre des jeunes soit le désintéressement, on ne peut leur celer que les carrières ouvertes actuellement à l'océanographie sont en nombre infime. Mais, dans l'ordre logique, la création d'un organisme officiel spécifique constituait le premier pas, car rien ne peut se monter sans une telle consécration... La récente création de la chaire est donc un point de départ, qui cristallise l'ensemble des problèmes océanographiques, attribue un cadre officiel à leur examen et doit susciter des chercheurs aptes à couvrir les besoins pratiques des techniciens de la mer.

Certains pensent peut-être que l'océanographie demeure un domaine réservé à la recherche pure et qu'il est vain de prétendre attirer vers elle des jeunes qui, armés d'une bonne connaissance de cette science, la porteraient comme un ornement de luxe sans application dans le réel. Et pourtant...

Je ne cite que pour mémoire l'intérêt de la connaissance des mers pour la navigation... De nombreux problèmes se posant dans diverses techniques sont par nature, liés à l'océanographie. L'édification des ports maritimes, leur amélioration, la défense des plages contre l'érosion marine, l'étude des ouvrages projetés sur modèle réduit, dépendent des facteurs dynamiques de la zone marine où ces ports sont édifiés. Ces facteurs : marée, houle, courants, mise en suspension et cheminement des matériaux meubles, efforts résultants sur les ouvrages sous l'effet de toutes les forces marines — ne peuvent être correctement déterminés que par des mesures appartenant à la technique océanographique effectuées sur place et interprétées

ensuite à la lumière de nos connaissances théoriques ; et ces mesures sont également indispensables pour la construction même des modèles réduits qui doivent d'abord reproduire la nature avant de pouvoir servir à déceler le comportement ou les répercussions d'un ouvrage projeté. Mesure sur les lieux, insertion de ces données dans le modèle, interprétation des enseignements donnés par celui-ci : trois étapes pratiquement indispensables dans la technique des Travaux Maritimes. Veut-on s'en passer ? Combien d'exemples de ports qui sont en fait des pièges à sable et ne sont maintenus qu'au prix de dragages coûteux ? Et il y a encore bien des progrès à faire dans la prévision des réactions sur la côte d'un ouvrage maritime.

Mais la dynamique qui commande le régime d'un rivage a souvent une origine lointaine et il importe de connaître quelles sont les conditions marines les plus sévères que risque de subir telle ou telle partie du littoral : quelle est la houle maximum à prévoir ? Celle-ci dépend, d'une part, de l'agitation au large, et, d'autre part, de toute l'histoire des lames entre le large et la côte, voire jusqu'au fond d'un port. L'océanographie apporte depuis peu à l'un et l'autre de ces problèmes des solutions approchées, certes, mais qui s'améliorent chaque jour et qui constituent un progrès immense sur l'empirisme antérieur.

L'amélioration de la navigabilité des estuaires, par le maintien d'un calibrage convenable, à l'embouchure et dans toute la partie navigable d'un fleuve, dépend des facteurs déjà cités mais revêt, dans certains estuaires donnant sur une mer à marée, des aspects particuliers. L'ascension de la marée dans un cours d'eau dont la profondeur est de l'ordre de grandeur de l'amplitude de la marée se fait parfois de façon irrégulière et, à la limite, discontinue, dans les premiers stades de la montée du niveau : c'est le mascaret redoutable pour les navires et les installations portuaires. L'analyse mathématique permet d'expliquer la formation du phénomène et son mécanisme, dans des cas schématiques au moins. Le modèle réduit est un outil remarquable d'étude des cas réels.

La météorologie, essentielle maintenant pour la navigation aérienne et, à une tout autre échelle, pour l'organisation des week-ends, ne peut se désintéresser de l'océan qui se rappelle aux Parisiens par tant de nuages venant du sud-ouest. L'océan agit sur l'atmosphère ; celle-ci agit sur l'océan ; causes et effets s'enchevêtrent, tant en météorologie qu'en océanographie. Qui pourrait se vanter de pouvoir établir, au propre comme au figuré, une cloison étanche entre les phases complexes, gazeuse et liquide, qui les composent ?

N'imagine-t-on pas l'intérêt de la prédiction, même à brève échéance, de ces perturbations météorologiques de niveau qui ont causé tant de dégâts au cours des récents hivers dans tout le sud de la mer du Nord ?

A l'heure où le problème des nouvelles sources d'énergie se pose avec tant d'acuité aux pays industriels, doit-on laisser de côté l'énergie marine, plus ou moins diffuse, sous des formes variées, sur une superficie des 7/10 du globe soit 700 fois la France ? La nature a disposé sur nos côtes une zone riche en énergie : l'actualité nous offre le spectacle des grandioses projets des usines marémotrices et notamment celle des îles Chausey : d'innombrables problèmes océanographiques doivent être d'abord résolus. Il est question de tirer de l'énergie de la marée des puissances de l'ordre de 20 millions de kilowatts, qui est une part importante de la puissance totale de la marée entrant dans la Manche entière : une telle extraction n'aura-t-elle pas pour premier effet, au bout de dix marées, de réduire de moitié l'amplitude de la variation de niveau initiale qui paraissait si favorable à l'implantation d'une usine ?... Ce risque existe réellement pour certaines dispositions de centrales... Prévoir quelle sera la réaction de la nature à l'édification de l'usine marémotrice des îles Chausey est une question qui n'est pas spécialement simple à trancher.

L'exploitation de l'énergie thermique des mers dans certaines zones où le relief sous marin s'y prête, l'emploi de l'énergie de la houle, des courants , puisque toutes issues, en définitive, de l'énergie qui franchit la surface des mers ont leur point de départ dans l'océanographie, comme la prospection des richesses minérales du sous-sol marin, comme la recherche et l'étude de nouvelles zones de pêche, de nouvelles ressources alimentaires éventuelles pour une humanité qui « croit et se multiplie ».

La mer joue un trop grand rôle dans l'économie, au sens général, de notre globe — dans la vie humaine — pour que son étude ne soit pas poussée hardiment... Elle a sa place dans ce Muséum « dont le but principal est l'enseignement public de l'histoire naturelle, prise dans toute son étendue et appliquée particulièrement à l'avancement de l'Agriculture, du Commerce et des Arts », ainsi qu'il est écrit dans le décret de la Convention Nationale relatif à l'organisation du Muséum... et les « Arts » de 1793 sont les ancêtres de nos techniques actuelles...

*
* *

Au cours de l'Année d'enseignement qui s'ouvre, je désirerais, après l'exposé de quelques généralités sur l'océanographie, traiter la question de la circulation générale dans les océans, aussi bien du point de vue théorique que du point de vue pratique de la répartition géographique des caractères et des courants des eaux marines.

Puis viendront, les années suivantes, l'étude des vagues et de la houle, celle des marées.

Et nous croirons avoir rempli notre tâche si nous pouvons aider à ce que la France, cessant d'être, comme entre les deux guerres mondiales, un témoin plus ou moins intéressé des progrès de l'océanographie physique, en devienne un acteur non négligeable. La tâche en incombe, en premier chef, à la nouvelle chaire qui est assurée de trouver au Muséum même le plus constant et le plus bienveillant des appuis. Elle incombe un peu à vous aussi, Mesdames, Messieurs, qui, par votre présence même, avez marqué aujourd'hui pour l'océanographie un intérêt dont je vous remercie. C'est là, pour notre équipe, un encouragement et, de votre part, l'expression du désir de suivre, de soutenir ses travaux et ainsi d'agrandir son action, comme si, participant un peu à son œuvre, vous vous enrôliez, en quelque sorte, dans une équipe élargie donc plus efficace, de ceux pour lesquels la mer existe vraiment avec tout son mystère et toute sa richesse.

La mer a été de tout temps l'image même de l'aventure, d'une aventure à la mesure de l'homme et qui exige un effort de tout l'être, mais elle s'enrichit aujourd'hui de l'aventure même de la science.